

# Chaostheorie bij de vorming van files

Micha de Groot - 10434410  
Peter Bontenbal - 5658519

3 Juni 2013

## Inleiding

In dit onderzoek wordt gekeken naar een praktisch effect van de chaostheorie [1]. Dit effect vindt namelijk plaats op de snelweg bij het vormen van files. Als men namelijk even hard rijdt, wat het geval is als iedereen zich aan de maximumsnelheid houdt, dan ontstaat er de zogeheten spookfile. Dat is file die toch ontstaat als er geen directe hinder op de weg zelf is. Spookfile verplaatst zich altijd vanzelf achteruit over de weg doordat er nieuwe voertuigen aanschuiven en de voertuigen aan de voorkant weer doorrijden waardoor er een harmonica effect ontstaat.

Dit is in echte verkeerssituaties te verklaren door zaken als verandering van de snelheidslimiet, stoplichten of voertuigen die in en uit voegen. Maar als men auto's op een afgesloten baan op dezelfde snelheid laat rijden dan ontstaat er ook spookfile.[2] Dit komt doordat er nog steeds kleine verschillen zitten tussen zowel de auto's als de chauffeurs. Een auto kan bijvoorbeeld meer slijtage hebben dan een andere auto en menselijke chauffeurs kunnen nooit exact even hard rijden. Dit zou dus een indicatie kunnen zijn dat het waarschijnlijk niet mogelijk is om een filevrij verkeer te kunnen hebben. Naar aanleiding hiervan is dit onderzoek opgesteld om te testen of er filevrij verkeer kan zijn als de menselijke factor wordt weggehaald. De verwachting is dat er hetzelfde effect zal optreden als bij menselijk bestuurde voertuigen aangezien de kleine snelheidsveranderingen nog steeds plaatsvinden die er voor zorgen dat de voorgeschreven snelheid niet wordt aangehouden.

## Materiaal en Methode

Het onderzoeken of er filevrij verkeer kan zijn werd uitgevoerd door een aantal robots over een baan te laten rijden met dezelfde maximale snelheid en die rekening houden met de rest van het verkeer. Hiervoor werden Lego NXT<sup>®</sup> [3] robots te gebruiken. De baan werd gemarkeerd met zwart tape op een ondergrond van een lichtere kleur. Bij het programmeren van de robots is een systeem gemaakt dan de grens van licht en donker op de grond voor de robot volgt. Bij het opstarten van de het programma moet de sensor wordt de gecalibreerd met eerst de zwarte lijn en daarna de lichtere achtergrond.

De andere robots werden gedetecteerd door middel van sonar. Hiermee werd de afstand gemeten tot de robot voor zich en afhankelijk daarvan werd de snelheid aangepast. De afstand werd bij elke iteratie vier keer gemeten om de nauwkeurigheid te vergroten. Het gemiddelde daarvan werd vergeleken met de beste afstand die de robots tot elkaar konden hebben. Hoe meer de afstand afweek hoe grote de snelheidsverandering was. Ook was er een minimumafstand voor de robots, als die werd bereikt of overschreden dan werd de snelheid gelijk nul. Als tweede noodmaatregel had de robot een sensor achterop en stopte de robot als deze werd geraakt door de robot achter hem zodat hij niet van de baan af werd geduwd en dan verder van de baan zou rijden. Om de nauwkeurigheid van de sonar te verbeteren werd er voor gezorgd dat de baan zo recht mogelijk

was en maar twee bochten bevat aangezien de sonar beter werkt op objecten die er recht voor staan.

## Resultaten

Bij de eerste beschouwingen van de test opzet bleek dat bij het gebruik van de LEGO NXT een aantal obstakels eerst moesten worden aangepakt voordat de daadwerkelijke onderzoek testen konden beginnen. In de eerste versie van de geschreven software trede er zich een probleem op bij het gebruik van een zwarte lijn voor de robots waarmee deze een pad hadden om te kunnen volgen. Hierbij bleek dat de reactie tijd te lang was van de NXT en de gebruikte motoren in combinatie met de gebruikte lijnsensoren. Door dit verschil waren de aanpassingen die de robot maakte om op de zwarte streep te blijven niet snel genoeg waardoor deze van het pad afraakte. Dit is opgelost door middel van de gemiddelde waarde die de lijnsensor gaf tussen het lichte gebied en het donkere gebied (de zwarte lijn) te gebruiken als de waarde waarbij de robot geen aanpassingen hoefde te maken om op het pad te blijven. Deze gemiddelde waarde was de zijkant van de zwarte lijn en niet het midden hiervan, met als voordeel hierbij dat met een enkele sensor de robot een aanpassing kon maken naar links en naar recht afhankelijk aan welke kant van de gemiddelde waarde de robot zich bevond. Naarmate de sensor waarde meer verschilde van de gemiddelde waarde, verhoogt de aanpassings-snelheid ook, waardoor de robot in een vloeiende beweging over het pad bewoog. Hierdoor waren er minder problemen voor de sonar om de afstand tussen een robot en de robot voor zich te kunnen meten doordat de kans op een slechte meting, vanwege teveel bewegingen van de robot zelf en de robot voor zich, minder was. Desondanks gaf de sonar sporadisch incorrecte waardes terug waardoor de afstandmeting en de hierop aangepaste versnelling of vertraging niet correct was. Dit is opgelost door een gemiddelde van een viertal waardes te gebruiken waarbij extreem verschillende waardes niet gebruikt werden in deze berekening.

Na het verhelpen van alle obstakels was de uiteindelijk bedoelde test meerdere malen herhaald om een zo exact mogelijk resultaat te vormen. Hierbij waren de eerste bevindingen dat de grote van de baan in combinatie van het aantal robots hierop, invloed heeft op het verwachte spookfile en de hierbij behorende versnelling en vertraging effect, ook genoemd: harmonica effect. Naarmate er te weinig robots zich op de baan bevonden, vormden er zich te grote afstanden tussen de robots waardoor deze allen op de maximale snelheid reden en niet dichtbij elkaar kwamen. Hierdoor kwam het effect van versnellen en vertragen niet voor en ontstond er geen harmonica effect en ook geen spookfile.

Na het plaatsen van genoeg robots op de baan, werd de verwachte spookfile waargenomen. Hierbij was er ondanks de geschreven software om een ingestelde afstand aan te houden, nog steeds een harmonica effect waarbij het afremmen en versnellen van een robot, hetzelfde effect heeft op de robot daarachter en de opvolgende robots.

## Conclusie

Na alle waarnemingen bleek dat de hoeveelheid robots op een baan een groot invloed heeft op de vorming van spookfiles. Bij te weinig robots waren de afstanden tussen robots te groot en ontstonden er geen spookfiles. De beschouwing van de spookfiles en het harmonica effect ontstond alleen bij een relevant aantal robots op een baan waarbij deze op een meetbare afstand van elkaar kwamen. De robots moesten daarop een aanpassing maken in snelheid om de ingestelde afstand aan te kunnen houden van de robot voor zich. Zoals verwacht kon er, ondanks de software met als doel om een exacte afstand aan te houden met de robot voor zich, een spookfile niet vermeden worden. Hierdoor is er geconcludeerd dat het creëren van files niet alleen beïnvloed wordt door menselijk aspecten, maar ook door de chaos theorie, waarbij dit natuurkundige verschijnsel niet te voorspellen of te controleren is.

## References

- [1] Goktug Morcol. In the wake of chaos: Unpredictable order in dynamical systems. 1996.
- [2] Macoto Kikuchi<sup>3</sup> Katsuya Hasebe<sup>4</sup> Akihiro Nakayama<sup>5</sup> Katsuhiro Nishinari<sup>6</sup> 7 Shin-ichi Tadaki<sup>8</sup> Yuki Sugiyama<sup>1</sup>, Minoru Fukui<sup>2</sup> and Satoshi Yukawa<sup>9</sup>. Traffic jams without bottlenecks—experimental evidence for the physical mechanism of the formation of a jam. 2008.
- [3] Lego NXT<sup>®</sup>. *LEGO MINDSTORMS NXT Module Programming Guide*, 2009.